

## KARAKTERISTIK EMISI CO<sub>2</sub> TANAH GAMBUT DI BAWAH TEGAKAN KELAPA SAWIT

### CHARACTERISTICS OF CO<sub>2</sub> EMISSION ON PEATLAND UNDER OIL PALM TREES

Winarna dan Heri Santoso

**Abstrak** Penelitian ini bertujuan mengkaji karakteristik emisi CO<sub>2</sub> dari tanah gambut di bawah tegakan kelapa sawit yang dihubungkan dengan faktor lingkungan spesifik lokasi penelitian di daerah Kabupaten Labuhan Batu, Sumatera Utara. Gas CO<sub>2</sub> diambil dengan menggunakan *close chamber technique*, sedangkan konsentrasi gas tersebut diukur menggunakan *portable micro Gas Chromatograph* CP 4900. Faktor lingkungan sebagai variabel bebas yang diamati meliputi suhu tanah (TS), suhu atmosfer (TA), kelembaban tanah lapisan 0 – 5 cm (SM<sub>5</sub>), kelembaban tanah lapisan 0 – 30 cm (SM<sub>30</sub>), dan pH gambut (A). Model hubungan CO<sub>2</sub> dengan faktor dianalisis menggunakan analisis korelasi *Spearman* dan regresi *multivariant*. Analisis regresi *multivariant* dilakukan menggunakan regresi *stepwise* untuk mengetahui faktor lingkungan yang mempunyai hubungan dengan CO<sub>2</sub> pada taraf beda nyata 5%. Analisis *variance inflation factor* (vif) dilakukan untuk melihat *multicollinearity* dari model regresi *multivariant*. Berdasarkan analisis korelasi *Spearman*, faktor lingkungan A (pH gambut) mempunyai koefisien korelasi yang tergolong sedang ( $R = 0.637$ ). Hasil regresi *stepwise* menunjukkan bahwa emisi CO<sub>2</sub> nyata dipengaruhi oleh kelembaban tanah SM<sub>30</sub> dan A ( $n = 216$ ;  $p < 0.05$ ) dengan nilai vif  $< 3$ . Regresi *multivariant*, menghasilkan persamaan terbaik ( $R^2 = 0.420$ ) dimana emisi CO<sub>2</sub> =  $7.394 \cdot A - 0.008 \cdot SM_{30} - 16.659$ . Secara parsial, penelitian ini juga memperoleh

model hubungan emisi CO<sub>2</sub> dengan kelembaban tanah gambut, dimana emisi CO<sub>2</sub> tertinggi dicapai pada kondisi kelembaban tanah sekitar kapasitas lapang ( $354 - 376\% \text{ w w}^{-1}$ ) dan menurun dengan meningkatnya kelembaban tanah di atas kadar air kapasitas lapangan. Emisi CO<sub>2</sub> tanah gambut mengalami penurunan pada kondisi tanah gambut mengering di bawah zone kadar air kritis, hal ini karena hidrofobisitas tanah gambut meningkat.

**Kata Kunci:** emisi CO<sub>2</sub>, tanah gambut, kelapa sawit, kelembaban tanah

**Abstract** The research aim was studying the characteristic CO<sub>2</sub> emission from peatland under oil palm trees as a relationship with environmental factors of specific locations in the Labuhan Batu District of North Sumatra. CO<sub>2</sub> gasses were sampling by closed chamber technique and their concentration was measured by portable micro Gas Chromatograph CP 4900. The observation of environmental factors as the variable that affected to CO<sub>2</sub> emission included soil temperature (TS), atmosphere temperature (TA), soil moisture on 0-5 cm of soil depth (SM<sub>5</sub>), soil moisture on 0-30 cm of soil depth (SM<sub>30</sub>), and pH of peat (A). The relationship model of CO<sub>2</sub> emission with environmental factors analyzed by Spearman correlation and multivariant regression. Stepwise regression was applied for multivariant regression to identify the environmental factors that have a relationship with CO<sub>2</sub> emission with significant analysis in 5 % of the threshold. Variance inflation factor (vif) was applied to identify the multicollinearity problem of the model from multivariant regression. The Spearman correlation showed the A (pH) of environmental factors have the highest correlation coefficient with the middle category ( $R=0.637$ ). The stepwise regression showed the CO<sub>2</sub> emission have been significantly affected by soil moisture SM<sub>30</sub> and A ( $n = 216$ ;  $p < 0.05$ ) with vif value  $<$

Penulis yang tidak disertai dengan catatan kaki instansi adalah peneliti pada Pusat Penelitian Kelapa Sawit

Winarna(✉)  
Pusat Penelitian Kelapa Sawit  
Jl. Brigjen Katamso No. 51 Medan, Indonesia

Email: winarnappks@gmail.com

3. The regression model from multivariant regression was  $CO_2 = 7.394 \cdot A - 0.008 \cdot SM_{30} - 16.659$  with  $R^2 = 0.420$ . In the partial, there was a relationship of  $CO_2$  with soil moisture in the field capacity condition. The highest  $CO_2$  emission occurred at soil moisture of 354–376% w w<sub>21</sub> and decreased while the soil moisture increases overring the field capacity condition. The  $CO_2$  emission was decreased while the peat soil was drying at under the critical of water content caused the peat soil hydrophobicity was increasing.

**Keywords:**  $CO_2$  emission, peat soil, oil palm, soil moisture

## PENDAHULUAN

Pengusahaan lahan gambut untuk perkebunan kelapa sawit dengan melakukan drainase tanah menyebabkan terjadinya emisi karbon, sehingga pengelolaan drainase tanah harus menjadi perhatian dalam penggunaan lahan tersebut. Upaya drainase pada tanah gambut untuk pengembangan kelapa sawit tidak hanya fokus pada aktivitas untuk meningkatkan produksi tanpa memperhatikan faktor-faktor kelestarian sifat-sifat tanah gambut, tetapi harus ditekankan terhadap keduanya (Hasnol *et al.*, 2011). Beberapa hasil penelitian menyebutkan bahwa fluktuasi muka air tanah gambut sangat berpengaruh terhadap hidrofobisitas (Szajdak dan Szatylowicz 2010; Utami 2010), emisi karbon dari tanah (Berglund dan Berglund 2011; Handayani 2009), penurunan permukaan gambut (Wosten *et al.*, 1997), produksi kelapa sawit (Hasnol *et al.*, 2010, 2011; Lim *et al.*, 2012).

Pengelolaan gambut mempunyai pengaruh yang besar terhadap keseimbangan karbon pada ekosistem gambut. Pembuatan drainase pada lahan gambut diperlukan untuk pertumbuhan akar tanaman kelapa sawit dan untuk akses jalan. Sejak dimulainya drainase, tanah gambut telah menjadi *source*  $CO_2$  sebagai akibat meningkatnya oksidasi gambut. Di lain pihak peningkatan muka air tanah dapat merubah area gambut menjadi *source*  $CH_4$  yang lebih efektif sebagai gas rumah kaca daripada  $CO_2$  (Melling and Hatano, 2010).

Emisi  $CO_2$  lahan gambut sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, seperti sifat-sifat tanah, kelembaban tanah gambut, kedalaman muka air tanah, suhu tanah, suhu atmosfer, dan kemasaman

tanah gambut, kondisi vegetasi, serta pengelolaan lahan (Sabiham *et al.*, 2012; Sabiham *et al.*, 2014; Hooijer *et al.*, 2012; Marwanto and Agus. 2013).

Kondisi lahan yang heterogen mengakibatkan terjadinya variabilitas emisi  $CO_2$  yang dihasilkan, baik diukur secara langsung maupun tidak langsung. Permasalahan yang sering terjadi adalah adanya perbedaan hasil pengukuran pada lokasi yang sama, bahkan dengan metode pengukuran yang sama. Setiap kondisi lahan gambut, khususnya pada sistem budidaya kelapa sawit, tertentu akan memiliki karakteristik emisi  $CO_2$  secara spesifik. Dengan demikian, dengan mengetahui karakteristik emisi  $CO_2$  pada lingkungan spesifik yang dihubungkan dengan faktor-faktor lingkungannya dapat menjadi acuan untuk perhitungan emisi  $CO_2$  di tempat lain dengan kondisi yang serupa.

Selain permasalahan di atas, perlu dilakukan kajian lebih detil juga mengenai hubungan emisi  $CO_2$  dengan kelembaban tanah gambut. Hubungan tersebut telah banyak dilaporkan oleh penelitian sebelumnya, namun pada umumnya pola hubungan yang diperoleh cenderung linier. Marwanto and Agus (2013) menyatakan bahwa peningkatan emisi  $CO_2$  berbanding lurus dengan dengan peningkatan kadar air tanah. Kelembaban tanah optimum akan meningkatkan aktivitas mikroba tanah dan meningkatkan emisi  $CO_2$  (Berglund dan Berglund 2011). Kelembaban tanah yang optimum akan meningkatkan aktivitas mikroba perombak dalam tanah, sehingga akan terjadi peningkatan proses dekomposisi tanah gambut. Namun menurut Kechavarzi *et al.* (2010), kelembaban tanah yang berlebihan akan menghambat aktivitas mikroba tanah tersebut dan menurunkan emisi  $CO_2$ . Dalam penelitian ini dilakukan analisis hubungan emisi  $CO_2$  dengan kelembaban tanah gambut dengan nilai kisaran kelembaban yang lebih lebar. Selain itu juga dikaitkan dengan kejadian hidrofobisitas tanah gambut.

Secara detil penelitian ini bertujuan untuk menganalisis karakteristik emisi  $CO_2$  hubungannya dengan faktor-faktor lingkungan spesifik lokasi penelitian seperti kelembaban tanah gambut, suhu tanah, suhu atmosfer, dan kemasaman tanah gambut. Selain itu, dalam penelitian ini juga dilakukan analisis hubungan emisi  $CO_2$  dengan kelembaban tanah gambut. Kajian ini diharapkan dapat digunakan sebagai dasar dalam perhitungan emisi  $CO_2$  pada

tanah gambut dengan lingkungan sejenis dan dasar dalam pengelolaan tanah gambut di perkebunan kelapa sawit secara berkelanjutan.

## BAHAN DAN METODE

### Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di perkebunan kelapa sawit pada lahan gambut di wilayah Kabupaten Labuhan Batu, Propinsi Sumatera Utara yaitu pada posisi geografi 2°22'25" – 2°22'50" N dan 100°16'0" – 100°17'10" E. Blok tanaman kelapa sawit yang digunakan yaitu tanaman umur 6 tahun. Blok-blok tanaman yang digunakan dalam penelitian ini telah dilengkapi dengan sarana tata air yang terdiri dari saluran utama (*main drain*), saluran sekunder (*collection drain*), dan saluran tersier, namun kondisi pengelolaan muka air tanahnya berbeda sehingga kondisi muka air tanah pada setiap blok tanaman beragam. Kondisi perbedaan muka air tanah ini menyebabkan kondisi kelembaban tanah antar blok tanaman berbeda-beda. Lokasi kebun ini merupakan lahan gambut dengan ketebalan 460 - 515 cm dengan tingkat kematangan berkisar saprik – hemik (Yulianti, 2009).

### Pengukuran Emisi CO<sub>2</sub>

Pengukuran emisi gas CO<sub>2</sub> dari tanah gambut dilakukan secara langsung pada setiap petak penelitian dengan metode *close chamber technique* yang diadopsi dari Setyanto *et al.* (2010). Pengambilan sampel gas dilakukan secara manual di lapangan menggunakan sungkup (*chamber*) dari pipa PVC diameter 25 cm dan panjang 30 cm. *Syringe* dengan volume 10 ml digunakan untuk mengambil sampel gas. Dalam satu kali pengamatan, dilakukan pengambilan sampel gas dengan interval waktu 10, 20, 30 dan 40 menit. Pengambilan sampel gas dilakukan pada pukul 06.00-07.00 pagi dan 13.00-14.00 siang. Analisis konsentrasi gas dilakukan langsung di lapangan dengan menggunakan *micro Gas Chromatograph (micro-GC)* CP 4900. Konsentrasi gas CO<sub>2</sub> diperoleh berdasarkan nilai area dari satu standar gas dan area gas sampel yang akan dihitung dengan persamaan:

$$\frac{C_{sp}}{C_{std}} = \frac{A_{sp}}{A_{std}}$$

di mana, *C<sub>sp</sub>* adalah nilai konsentrasi gas dari satu sampel (*ppm*), *C<sub>std</sub>* adalah konsentrasi dari gas standar, *A<sub>sp</sub>* adalah area dari *peak* hasil pembacaan kromatogram, dan *A<sub>std</sub>* adalah *area* dari pembacaan kromatogram gas standar.

Perhitungan fluks CO<sub>2</sub> menggunakan persamaan dari IAEA (1993), sebagai berikut:

$$E = \frac{Bm}{Vm} \times \frac{\delta C_{sp}}{\delta t} \times \frac{V}{A} \times \frac{273.2}{T + 273.2}$$

di mana:

- E* = emisi CO<sub>2</sub> (mg m<sup>-2</sup> jam<sup>-1</sup>)
- V* = volume sungkup (m<sup>3</sup>)
- A* = luas dasar sungkup (m<sup>2</sup>)
- T* = suhu udara rata-rata di dalam sungkup (°C)
- $\delta C_{sp}/\delta t$  = laju perubahan konsentrasi gas CO<sub>2</sub> (ppm/menit)
- Bm* = berat molekul gas CO<sub>2</sub> dalam kondisi standar
- Vm* = volume gas pada kondisi stp (*standard temperature and pressure*) yaitu 22.41 liter pada 23 °K

Pengukuran fluks dan emisi gas dilakukan pada bulan Maret (bulan lembap), Juli (bulan kering), dan November (bulan basah). Pengukuran emisi karbon dilakukan di dua titik pengambilan sampel gas yaitu: (i) di bawah naungan tanaman berjarak 1 m dari pohon, (ii) di bawah naungan tanaman berjarak 2 m dari pohon, dan (ii) di sela-sela antar tanaman kelapa sawit (4.5 m dari pohon). Pengulangan dilakukan sebanyak 2 kali di setiap titik pengambilan sampel gas. Sebagai data pendukung, bersamaan dengan pengukuran gas CO<sub>2</sub> juga dilakukan pengukuran suhu tanah, suhu atmosfer, dan pH tanah. Pada blok-blok pengamatan dipasang 18 patok untuk pengamatan atau pengukuran penurunan permukaan (*subsiden*) tanah gambut. Pengukuran *subsiden* dilakukan setiap bulan selama setahun (Januari – Desember).

### Pengukuran Kadar Air Tanah

Pengamatan kadar air tanah aktual dilakukan bersamaan dengan pengukuran emisi CO<sub>2</sub>, yaitu pada

blok penelitian dengan berbagai kondisi pengelolaan muka air tanah. Kadar air tanah aktual ditetapkan dengan menggunakan metode gravimetri yang dilakukan langsung di lapangan. Pengamatan kadar air dilakukan pada lapisan 0 – 5 cm dan 0 – 30 cm.

### Analisis Statistik

Uji korelasi *Spearman* dilakukan untuk mengetahui hubungan antar variabel pengamatan, sedangkan regresi *multivariant* dengan regresi *stepwise* digunakan untuk menentukan variabel-variabel yang sesuai untuk prediksi emisi CO<sub>2</sub> lahan gambut dalam penelitian ini dengan *threshold* seleksi berupa variabel yang mempunyai signifikan pada taraf  $p = 0.05$ . Analisis *variance inflation factor* (vif) dilakukan untuk mengetahui *multicollinearity* model yang didapat dari regresi *stepwise*. Variabel-variabel lingkungan meliputi suhu atmosfer (TA), suhu tanah (TS), kelembaban tanah lapisan 0-5 cm (SM<sub>5</sub>), kelembaban tanah lapisan 0-30 cm (SM<sub>30</sub>), dan pH tanah gambut (A). Analisis data dilakukan di *R software*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Karakteristik Tanah Gambut

Karakteristik fisik dan kimia tanah gambut dari dua lokasi penelitian disajikan pada Tabel 1. Kematangan gambut tergolong saprik di lapisan atas dan hemik pada lapisan di bawahnya. Tanah gambut ini tergolong sangat masam dengan C/N tergolong tinggi. Bobot isi tanah gambut tergolong sangat rendah, sehingga berdampak pada kemampuan menyimpan air relatif rendah. Verry *et al.* (2011) menyebutkan bahwa kemampuan retensi air merupakan fungsi dari bobot isi tanah gambut, dimana kemampuan mengikat air meningkat dengan meningkatnya bobot isi tanah. Tingkat kesuburan tanah gambut di lokasi penelitian dapat dikategorikan rendah, dapat dilihat dari kandungan hara, kejenuhan basa rendah, dan kadar abu. Kandungan hara makro utamanya K-dd jika dikoreksi dengan nilai bobot isi tanah gambut umumnya tergolong rendah, demikian juga hara mikro.

### Hubungan Emisi CO<sub>2</sub> dengan Faktor Lingkungan

Rerata emisi CO<sub>2</sub> dari semua hasil pengukuran adalah  $45.50 \pm 16.85 \text{ ton ha}^{-1} \text{ tahun}^{-1}$  ( $n = 216$ ), dengan

emisi CO<sub>2</sub> tertinggi sebesar  $86.46 \text{ ton ha}^{-1} \text{ tahun}^{-1}$  dan terendah  $11.29 \text{ ton ha}^{-1} \text{ tahun}^{-1}$ . Fluktuasi muka air tanah pada blok pengamatan selama pengukuran emisi CO<sub>2</sub> adalah berkisar 43.2 – 86.4 cm (pengukuran Maret), 66.3 – 94.1 cm (pengukuran Juli), dan 5.00 – 54.9 cm (pengukuran November). Fluktuasi muka air tanah ini dipengaruhi kondisi curah hujan pada saat pengukuran emisi dan kondisi pengelolaan muka air tanah. Faktor-faktor lingkungan sebagai variabel bebas yang berpengaruh terhadap emisi CO<sub>2</sub> diukur yang meliputi TS, TA, SM<sub>5</sub>, SM<sub>30</sub>, dan A.

Hasil uji korelasi *Spearman* ditunjukkan pada Tabel 2. Emisi CO<sub>2</sub> mempunyai koefisien keeratan hubungan yang tergolong sedang dengan variabel A ( $R = 0.637$ ). Analisis regresi multivariat dengan regresi *stepwise* menghasilkan variabel lingkungan yang berpengaruh nyata terhadap emisi CO<sub>2</sub> pada penelitian ini yaitu SM<sub>30</sub> dan A ( $n = 216$ ;  $p < 0.05$ ). Faktor lainnya seperti suhu tanah, suhu atmosfer dan kelembaban tanah lapisan 0 – 5 cm tidak nyata berpengaruh terhadap emisi CO<sub>2</sub> dari lahan gambut di bawah tegakan kelapa sawit di lokasi penelitian ini. Persamaan dari hubungan antara emisi CO<sub>2</sub> dengan variabel lingkungan A dan SM<sub>30</sub> adalah Emisi CO<sub>2</sub> =  $7.394 \cdot A - 0.008 \cdot \text{SM}_{30} - 16.659$  dengan  $R^2 = 0.420$ . Uji *multicollinearity* (vif) menunjukkan nilai kurang dari 3, sehingga persamaan tersebut bebas dari pengaruh *multicollinearity*.

### Hubungan Emisi CO<sub>2</sub> dengan Kelembaban Tanah Gambut

Emisi CO<sub>2</sub> merupakan hasil proses dekomposisi tanah gambut pada kondisi aerob (tanah didrainase), dimana kelembaban tanah gambut berpengaruh terhadap aktivitas mikroba perombak (Liu *et al.*, 2008). Gambar 1 menunjukkan hubungan emisi CO<sub>2</sub> dengan kadar air tanah gambut aktual di lapangan ( $n=69$ ;  $R^2=0.106$ ) serta dikaitkan dengan hidrofobisitas tanah gambut (membandingkan dengan kadar air kritis terjadinya hidrofobisitas tanah gambut). Menurut Winarna *et al.* (2016), nilai kadar air kritis (KAK) tanah gambut lokasi penelitian adalah berkisar 247.06–265.3 %( $w \cdot w^{-1}$ ). Emisi CO<sub>2</sub> tanah gambut yang tinggi dicapai pada kondisi kelembaban tanah sekitar kapasitas lapang (tanah gambut lokasi penelitian berkisar 354 – 376%  $w \cdot w^{-1}$ ) dan menurun dengan

meningkatnya kelembaban tanah di atas kadar air kapasitas lapang berpengaruh pada penurunan emisi CO<sub>2</sub>. Menurut Kechavarzi *et al.*

(2010), kelembaban tanah yang berlebihan akan menghambat aktivitas mikroba tanah tersebut dan menurunkan emisi CO<sub>2</sub>.

Tabel 1. Sifat kimia dan fisika tanah gambut lokasi penelitian  
*Table 1. Chemical and physical properties of peat soil in study area*

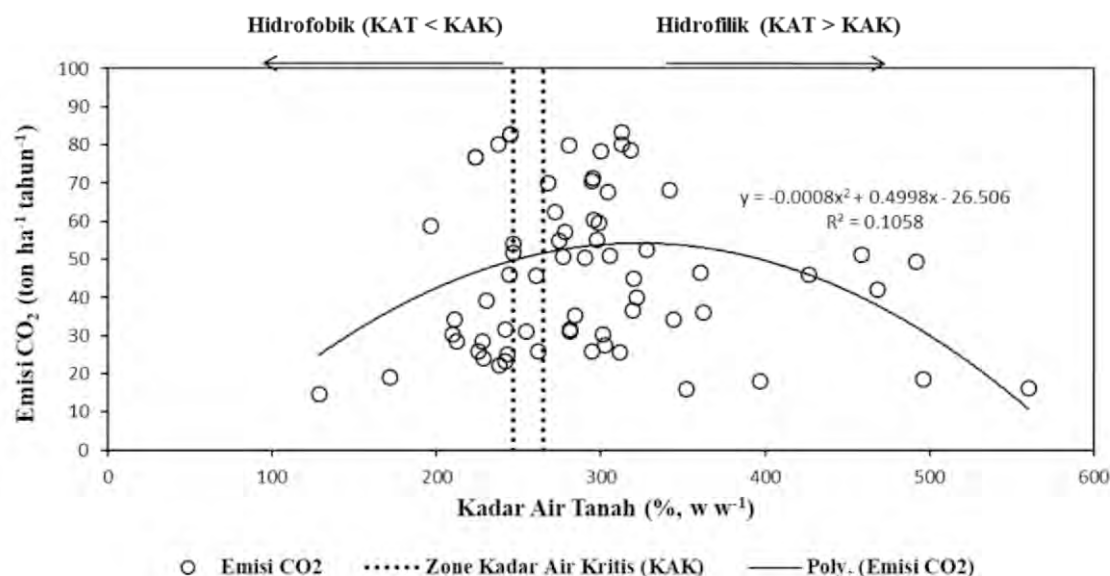
Sifat-sifat tanah	Nilai
pH (H <sub>2</sub> O)	3.8 ± 0.2
C-organik (%)	50.9 ± 0.4
N (%)	1.40 ± 0.22
C/N	36 ± 1.8
P-Bray 2 (ppm)	46.00 ± 26.77
K-dd (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	0.76 ± 0.37
Na-dd (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	0.48 ± 0.30
Ca-dd (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	5.00 ± 2.26
Mg-dd (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	4.79 ± 0.75
Kapasitas Tukar Kation (cmol(+) kg <sup>-1</sup> )	110.3 ± 8.4
Kejenuhan Basa (%)	9.9 ± 1.5
Kadar Abu (%)	2.1 ± 0.7
Bobot Isi (g cm <sup>-3</sup> )	0.14 ± 0.03
Kadar Air pF2.54 (% w w <sup>-1</sup> )	407.6 ± 48.8
Kadar Air pF4.2 (% w w <sup>-1</sup> )	282.3 ± 95.4
Kematangan gambut	Saprik - Hemik

Tabel 2. Koefisien korelasi hubungan emisi CO<sub>2</sub> dengan faktor-faktor lingkungannya  
*Table 2. Correlation coefficient of the relationship between CO<sub>2</sub> emission and environmental factors*

Variabel	CO <sub>2</sub>	TS	TA	SM <sub>5</sub>	SM <sub>30</sub>	A
CO <sub>2</sub>	1.000	0.105	0.043	-0.231	-0.182	0.637
TS		1.000	0.646	-0.339	-0.286	0.069
TA			1.000	-0.461	-0.483	-0.053
SM <sub>5</sub>				1.000	0.796	-0.195
SM <sub>30</sub>					1.000	-0.097
A						1.000

Keterangan : TS = suhu tanah, TA = suhu atmosfer, SM<sub>5</sub> = kelembaban tanah lapisan 0 – 5 cm, SM<sub>30</sub> = kelembaban tanah lapisan 0 – 30 cm, A = pH tanah gambut.





Gambar 1. Hubungan emisi CO<sub>2</sub> dengan kadar air tanah (KAT) gambut pada kondisi tanah gambut hidrofilik (KAT < KAK) dan hidrofobik (KAT > KAK) dengan n=69. KAK = kadar air kritis tanah gambut (Winarna *et al.*, 2016)

Figure 1. Relationship between CO<sub>2</sub> emission with hydrophilic and hydrophobic peat soil water content (KAT), n = 69. KAK = critical water content of peat soil (Winarna *et al.*, 2016)

Pada musim kering, tanah gambut akan mengalami penurunan kadar air tanah hingga dapat mengakibatkan terjadinya hidrofobisitas tanah yang ditandai dengan penurunan kadar air tanah melampaui kisaran kadar air kritisnya (Winarna *et al.*, 2015). Hidrofobisitas tanah gambut pada lapisan atas akan mudah terjadi pada kondisi tanpa pengelolaan muka air tanah (pada bulan kering kedalaman muka air tanah mencapai >80 cm). Pada kondisi ketersediaan air tanah rendah akan menyebabkan menurunnya aktivitas mikroba perombak, sehingga emisi CO<sub>2</sub> tanah gambut mengalami penurunan (Handayani 2009; Liu *et al.*, 2008). Berdasarkan hubungan pada Gambar 1 terlihat bahwa kadar air tanah pada zone kadar air kritis tidak lagi berpengaruh pada peningkatan emisi CO<sub>2</sub> dan bahkan menurun jika kadar air tanah semakin menurun, hal ini karena adanya peningkatan hidrofobisitas tanah gambut. Grafik hubungan ini berbeda dengan grafik hubungan dari hasil penelitian lainnya yang umumnya memiliki pola grafik linier. Dalam penelitian ini, kisaran kelembaban tanah yang digunakan cukup lebar mulai dari kondisi kering hingga basah.

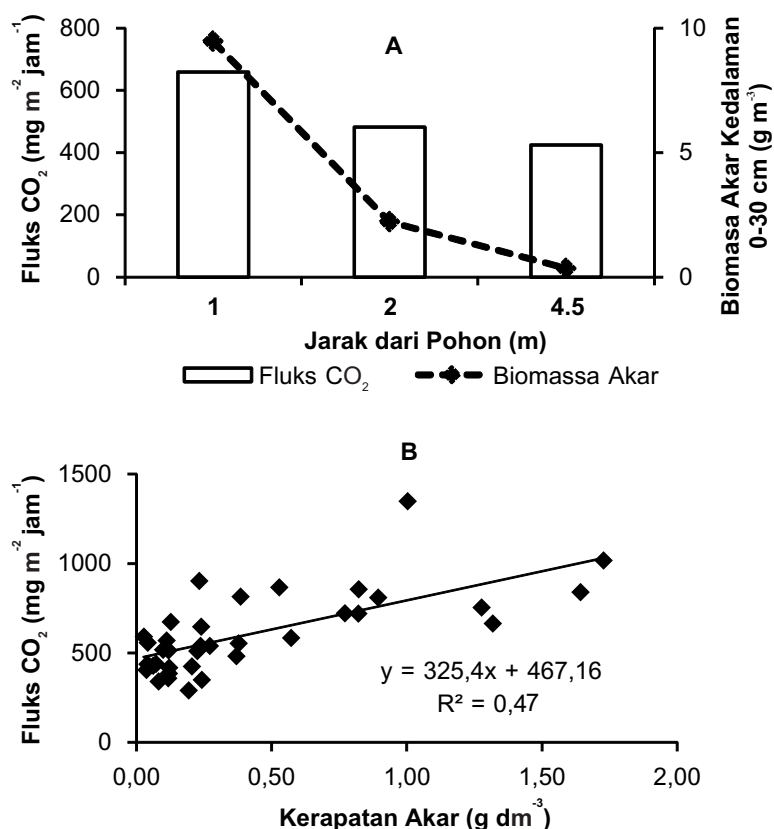
#### Faktor Respirasi Akar Terhadap Emisi Co<sub>2</sub>

Hasil pengukuran emisi CO<sub>2</sub> di bawah tegakan kelapa sawit berasal dari respirasi akar tanaman kelapa sawit dan respirasi tanah (respirasi heterotropik oleh mikroorganisme tanah). Gambar 2A menunjukkan bahwa emisi CO<sub>2</sub> menurun dengan menurunnya biomassa akar, dimana diketahui bahwa terdapat hubungan linier antara fluks CO<sub>2</sub> dengan kerapatan akar tanaman kelapa sawit (Gambar 2B). Hal ini berarti bahwa respirasi akar berkontribusi terhadap emisi CO<sub>2</sub> pada piringan pohon dan kontribusi akar diabaikan pada titik pengamatan di gawangan (pada jarak sekitar 4.5 m dari pohon). Dariah *et al.* (2013) memperoleh hubungan yang serupa antara respirasi tanah dan kerapatan akar, kontribusi akar terhadap emisi CO<sub>2</sub> terjadi pada jarak < 3 m dari pohon, lebih 3 meter sampai dengan titik tengah antar tanaman pengaruh akar diabaikan dan dianggap sebagai respirasi heterotropik (respirasi tanah).

Berdasarkan rerata dari semua titik pengamatan emisi CO<sub>2</sub> diperoleh kontribusi emisi dari respirasi akar adalah sebesar 33.1%. Hasil ini tidak berbeda jauh dengan hasil-hasil penelitian sebelumnya yang

memperoleh kisaran proporsi respirasi akar terhadap emisi CO<sub>2</sub> adalah sekitar 14 – 40%. Agus *et al.* (2010) memperoleh nilai kontribusi respirasi akar di bawah tegakan kelapa sawit sekitar 38%, sedangkan Dariah *et al.* (2013) memperoleh nilai kontribusi

respirasi akar yang lebih kecil yaitu sebesar 14% pada tanaman umur 6 tahun. Sabiham *et al.* (2014) memperoleh angka kontribusi respirasi akar lebih tinggi pada tanaman umur 15 tahun yaitu sebesar 74%.



Gambar 2. Hubungan antara fluks CO<sub>2</sub>, jarak titik pengamatan dari pohon, dan biomassa akar pada kedalaman 0–30 cm (A) dan hubungan linier antara fluks CO<sub>2</sub> dan kerapatan akar tanaman kelapa sawit pada kedalaman 0–30 cm (B).

Figure 2. Relationship between CO<sub>2</sub> flux, distance between observation site to tree base, and root biomass at a depth 0–30 cm (A) and linear relationship between CO<sub>2</sub> flux and oil palm root density at a depth 0–30 cm (B).

#### Faktor Emisi CO<sub>2</sub> Terhadap Subsiden Permukaan Tanah Gambut

Hasil pengukuran penurunan permukaan tanah gambut (subsiden) yang dilakukan pada 18 patok subsiden di dalam petak penelitian selama satu tahun (Januari – Desember). Penurunan permukaan (subsiden) tanah gambut berdasarkan hasil pengukuran 18 patok subsiden berkisar 1.08 – 3.38 cm tahun<sup>-1</sup> dengan rerata subsiden selama satu tahun

adalah sebesar 2.25 cm tahun<sup>-1</sup>. Penurunan permukaan tanah gambut terjadi sebagai akibat dilakukannya drainase pada tanah gambut. Subsiden tanah gambut yang didrainase dipengaruhi oleh faktor konsolidasi (pemadatan mekanik lapisan gambut jenuh secara permanen di bawah permukaan air tanah, oksidasi (akibat hilangnya bahan organik karena dekomposisi), dan *shrinkage* (pengurangan volume tanah gambut di atas permukaan air tanah

akibat pengeringan (Wosten *et al.* 1997).

Dalam penelitian ini, kontribusi oksidasi (emisi CO<sub>2</sub>) terhadap subsiden dihitung berdasarkan data pengukuran emisi CO<sub>2</sub>. Hasil pengukuran emisi CO<sub>2</sub> dikonversi menjadi tebal tanah gambut yang teremisi. Selanjutnya hasil konversi tersebut dibandingkan (rasio) dengan pengukuran subsiden pada petak penelitian. Kontribusi emisi CO<sub>2</sub> (oksidasi) terhadap subsiden tanah gambut yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebesar 42.8%. Hasil yang tidak jauh berbeda diperoleh oleh Maswar (2011), kajiannya menunjukkan bahwa kontribusi kehilangan karbon terhadap kejadian subsiden adalah sebesar 48%. Hooijer *et al.* (2012) mengeluarkan estimasi kontribusi oksidasi terhadap subsiden tanah gambut mencapai 90%, namun berdasarkan hasil penelitian ini dan beberapa hasil oleh peneliti lain maka perkiraan Hooijer *et al.* (2012) tersebut terlalu tinggi.

## KESIMPULAN

Emisi CO<sub>2</sub> tanah gambut pada daerah penelitian ini nyata dipengaruhi oleh kelembaban tanah lapisan 0 – 30 cm dan pH tanah dengan persamaan hubungan adalah **Emisi CO<sub>2</sub> = 7.394\*A – 0.008\*SM<sub>30</sub> – 16.659**. Emisi CO<sub>2</sub> tertinggi dicapai pada kondisi kelembaban tanah gambut sekitar kapasitas lapang dan menurun dengan meningkatnya kelembaban tanah di atas kadar air kapasitas lapangan. Selanjutnya emisi CO<sub>2</sub> tanah gambut mengalami penurunan pada kondisi tanah gambut mengering di bawah zone kadar air kritis, hal ini karena hidrofobisitas tanah gambut meningkat. Pada penelitian ini diperoleh faktor respirasi akar terhadap emisi CO<sub>2</sub> sebesar 33.1%, sedangkan faktor emisi CO<sub>2</sub> terhadap subsiden tanah gambut sebesar 42.8%. Hasil kajian ini diharapkan bermanfaat untuk dasar perhitungan-perhitungan emisi CO<sub>2</sub> pada lahan gambut yang sejenis.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agus, F., E. P. Handayani, and M. van Noordwijk. 2010. Root respiration interferes with peat CO<sub>2</sub> emission measurement. *19th World Congress of Soil Science*, Brisbane, 1–6 August 2010.
- Berglund, O. and K. Berglund. 2011. Influence of water table level and soil properties on emissions of greenhouse gases from cultivated peat soil. *Soil Biol. & Biochem.* 43(5): 923-931.
- Dariah, A., S. Marwanto and F. Agus. 2013. Root- and peat-based CO<sub>2</sub> emissions from oil palm plantations. *J. Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change.* 19(6): 831-843.
- Handayani, E. P. 2009. Emisi karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan metan (CH<sub>4</sub>) pada perkebunan kelapa sawit di lahan gambut yang memiliki keragaman dalam ketebalan gambut dan umur tanaman disertasi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Hooijer, A., S. Page, J. Jauhiainen, W.A. Lee, X.X. Lu, A. Idris, and G. Anshari. 2012. Subsidence and carbon loss in drained tropical peatlands. *Biogeosciences.* 9:1053–1071. doi:10.5194/bg-9-1053-2012.
- Hasnol, O., A.T. Mohammed, M.H. Harun, F.M. Darus, and H. Mos. 2010. Best management practices for oil palm planting on peat: optimum ground water table. *MPOB Information Series*, Kuala Lumpur.
- Hasnol, O., A.T. Mohammed, F.M. Darus, M.H. Harun, and M.P. Zambri. 2011. Best management practices for oil palm cultivation on peat: ground water table maintenance in relation to peat subsidence and estimation of CO<sub>2</sub> emissions at Sessang, Sarawak. *Journal of Oil Palm Research.* 23(April): 1078-1086.
- IAEA. 1993. *Manual on Measurement of Methane and Nitrous Oxide Emissions from Agricultural*. Vienna (AT): International Atomic Energy Agency.
- Kechavarzi, C., Q. Dawson, and M. Bartlett. 2010. The role of soil moisture, temperature and nutrient amendment on CO<sub>2</sub> fluxes from agricultural peat soil microcosm. *Geoderma.* 154(3-4): 203–210.
- Lim, K.H., S.S. Lim, F. Parish, and R. Suharto. 2012. *RSPO Manual on Best Management Practices (BMPs) for Existing Oil Palm Cultivation on Peat*. RSPO, Kuala Lumpur.
- Liu, L. C., Y. Fan, G. Wu, Y. M. Wei. 2008. Using LMDI method to analyze the change of China's industrial CO<sub>2</sub> emissions from final fuel use: an empirical analysis. *Energy Policy.* 35(11): 5892 – 5900.



- Marwanto, S. and F. Agus. 2013. Is CO<sub>2</sub> flux from oil palm plantations on peatland controlled by soil moisture and/or soil and air temperatures? *Mitig Adapt Strateg Glob Change*. doi:10.1007/s11027-013-9518-3.
- Maswar. 2011. Kajian cadangan karbon pada lahan gambut tropika yang didrainase untuk tanaman tahunan disertasi. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Melling, L. and R. Hatano. 2010. Sustainable utilization of tropical peatland for oil palm plantation. *Proceedings of Palangkaraya International Symposium and Workshop on Tropical Peatland Management, Palangkaraya, Indonesia, 10-11 Juni 2010 "The Proper Use of Tropical Peatland"*.
- Sabiham, S., S. D. Tarigan, Hariyadi, I. Las, F. Agus, Sukarman, P. Setyanto, and Wahyunto. 2012. Organic carbon storage and management strategies for reducing carbon emission from peatlands: a case study in oil palm plantations in West and Central Kalimantan, Indonesia. *Pedologist*. 55(3): 426-434.
- Sabiham, S., S. Marwanto, T. Watanabe, S. Funakawa, U. Sudadi, and F. Agus. 2014. Estimating the relative contributions of root respiration and peat decomposition to the total CO<sub>2</sub> flux from peat soil at an oil palm plantation in Sumatra, Indonesia. *Trop. Agr. and Develop.* 58 (3): 87-93.
- Setyanto, P., H. L. Susilawati, S. Rahutomo, L. Erningpraja. 2010. CO<sub>2</sub> emission from peat under oil palm plantation. *Proceeding of International Oil Palm Conference*, 1-3 June 2010. Yogyakarta. Indonesia
- Szajdak, L. and J. Szatylowicz. 2010. Impact of drainage on hidrofobicity of fen peat-moorsh soils. *Mires and Peat*, Vol 6: p158-174.
- Utami, S. N. H. 2010. Pemulihan gambut hidrofbik dengan surfaktan dan amelioran, serta pengaruhnya terhadap serapan P oleh jagung disertasi. Yogyakarta (ID): Universitas adjah Mada.
- Verry, E. S., D.H. Boelter, J. Päivänen, D.S. Nichols, T. Malterer, and A. Gafni. 2011. Physical Properties of Organic Soils, *In Peatland Biogeochemistry and Watershed Hydrology*. Taylor and Francis Group. 135-176.
- Winarna, K. Murtalaksono, S. Sabiham, A. Sutandi, and E. S. Sutarta. 2015. Effect of Ground Water Level and Steel Slag Application on Soil Moisture Variability and Actual Hydrophobicity of Peat Soil in Oil Palm Plantation. *J. Agron.*, 14(1): 15-22.
- Winarna, K. Murtalaksono, S. Sabiham, A. Sutandi, and E. S. Sutarta. 2016. Hydrophobicity of tropical peat soil from an oil palm plantation in North Sumatra. *J. Agron*. Volume 15 (3): 114-121.
- Wosten, J. H. M., A. B. Ismail, and A. L. M. van Wijk. 1997. Peat subsidence and its practical implications: a case study in Malaysia. *Geoderma*. 78(1): 25-36. PII S0016-7061\_97.00013-x.
- Yulianti, N. 2009. Cadangan karbon lahan gambut dari agroekosistem kelapa sawit PTPN IV ajamu, kabupaten Labuhan Batu, Sumatera Utara tesis. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

